

Beschreibung

Dampfleitungsverschlußventil und Dampfturbinenanlage mit Dampfleitungsverschlußventil

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Dampfleitungsverschlußventil zum Verschließen einer Dampfleitung, insbesondere in einer Dampfturbinenanlage zwischen einem ersten Expansionsabschnitt und mindestens einem zweiten Expansionsabschnitt, der mit geringerem Druck als der erste Expansionsabschnitt betrieben wird.

10

Unter einem Expansionsabschnitt werden sowohl voneinander getrennte Teilturbinen mit jeweils einem eigenen Gehäuse als auch hintereinander in einem gemeinsamen Gehäuse angeordnete Abschnitte einer Teilturbine mit jeweils eigener Dampfzufuhr verstanden.

15

Derartige Dampfleitungsverschlußventile, auch als Abfangklappen bezeichnet, sind eine Sicherheitseinrichtung. Sie werden bei Sattedampfturbosätzen vor Eintritt des Dampfs in die der ersten Teilturbine nachgeordneten Niederdruckturbinen dann vorgesehen, wenn die bei einem Lastabwurf der Anlage auftretende Überdrehzahl nicht anders auf zulässige Werte begrenzt werden kann. Bei einem Lastabwurf entfällt innerhalb kurzer Zeit das Lastmoment eines von dem Turbosatz angetriebenen Generators, beispielsweise infolge eines dreipoligen Netzkurzschlusses. In diesem Fall werden die Frischdampfarmaturen geschlossen, so daß eine weitere Dampfzufuhr zu der ersten Teilturbine ausgeschlossen ist. Der in dieser Teilturbine, den zwischengeschalteten Dampfleitungen und einem gegebenenfalls vorhandenen Wasserabscheider oder Zwischenüberhitzer noch gespeicherte Dampf expandiert jedoch weiter. Die Expansion bewirkt auf Grund des fehlenden Lastmoments eine Drehzahlerhöhung des Turbosatzes. Es ist daher erforderlich, diese Expansion und ein Eintreten des Dampfs in die zweite und gegebenenfalls weitere Teilturbinen zu verhindern. Ein voll-

20

25

30

35

ständig dichtes Verschließen ist nicht erforderlich. Kleine Leckströme können toleriert werden.

Die US-Patentschrift US 3,444,894 offenbart eine Vorrichtung zur Steuerung des Drucks oder der Menge eines gasförmigen Mediums. Die Vorrichtung weist ein Gehäuse auf, welches einen longitudinal sich erstreckenden Kanal definiert, mit einer Eintrittsöffnung sowie einer Austrittsöffnung für das Medium. Zwei so genannte Dämpfungsschaufeln sind in dem Gehäuse angeordnet und gegeneinander in eine Richtung senkrecht zur longitudinalen Achse beweglich. Weiter ist ein Zentralelement zwischen den Dämpferschaufeln im Wesentlichen mittig in dem Kanal angeordnet. Das Zentralelement ist für eine günstige Anströmung stromlinienförmig ausgestaltet und erstreckt sich entlang der Längsachse im Kanal. Es weist an seinem stromaufwärtigen Ende eine runde Kontur mit nennenswerter Dicke auf, während es an seinem stromabwärtigen Ende spitz zuläuft.

In der DE 36 07 736 C2 ist eine Absperrklappe für Rohrleitungen und dergleichen mit einer schwenkbar im Gehäuse gelagerten Klappe, welche in Schließstellung an der Innenseite eines durchgehend über die gesamte Gehäusebreite angeordneten Dichtungsfutters aus einem nicht oder nur wenig elastischen Kunststoff, wie z.B. einem Fluorkunststoff, anliegt. Das Dichtungsfutter ist im Dichtungsbereich, in welchem es in Offenstellung gegenüber der Klappe einen geringfügig geringeren lichten Durchmesser aufweist, gegen die Schließstellung der Klappe über einer Federbrücke und einem zwischen Federbrücke und Gehäuse liegenden Spalt nachgiebig angeordnet. Hierbei ist die Federbrücke, die Schlitz aufweist, in dem Dichtungsfutter durch teilweise oder gänzliche Ummantelung fest verankert und das Dichtungsfutter bildet mit der Federbrücke eine Einheit.

Aus der DE 38 26 592 A1 geht eine Einrichtung zur Betätigung einer Schnellschlußklappe in einer Dampfleitung, vorzugsweise eine Dampfleitung einer Dampfturbine, hervor. Auf einer Dreh-

welle der Schnellschlußklappe ist ein Ritzel angeordnet, mit welchem sich zwei Paare von Zahnstangen in Eingriff befinden. Ein Paar Zahnstangen dient in Verbindung mit hydraulischen Mitteln zum Öffnen der Schnellschlußklappe, das andere Paar
5 in Verbindung mit Schließfedern zum schnellen Schließen. Die beiden unabhängigen Systeme zum Öffnen bzw. Schließen verringern durch völlige Spielfreiheit den Verschleiß der Mechanik und ermöglichen über eine entsprechende hydraulische Verschaltung eine Dämpfung des Klappentellers der Schnell-
10 schlußklappe beim Einlauf in die Schließendstellung. Um diese Dämpfung unabhängig von verschiedenen Betriebszuständen zu halten, werden Druckwaagen in Verbindung mit einer Abfangdrossel eingesetzt, die auch drehwinkelabhängig verstellbar sein können. Zur Druckentlastung der Schnellschlußklappe beim
15 Öffnen dient eine Umgehungsleitung, welche ihrerseits durch schnell schließende Absperrventile absperrbar ist.

Bei den bekannten Dampfleitungsverschlußventilen ist eine einzige Klappe vorgesehen, die zum Verschließen der Dampflei-
20 tung verdreht wird. Der Druck in der Dampfleitung liegt im Regelfall zwischen 10-15 (18) bar bei einem Durchmesser von 1,2 bis 1,4 m. Die Schließzeit des Dampfleitungsverschlußventils soll zwischen einer und zwei Sekunden liegen. Auf Grund der hohen Belastung durch den Druck, den Durchmesser der
25 Dampfleitung und die herrschenden Temperaturen müssen die Klappen vergleichsweise massiv ausgebildet werden. Sie weisen daher große Abmessungen und ein hohes Gewicht auf. Dies führt zu einem großen Trägheitsmoment um die vorgesehene Drehachse. Zum Erreichen der erforderlichen, kurzen Schließzeit müssen
30 daher erhebliche Beschleunigungsmomente auf die Klappe aufgebracht werden.

Eine Vergrößerung des Durchmessers der jetzt verwendeten Klappen ist konstruktiv nur mit großen Schwierigkeiten zu er-
35 reichen. Es müssen zunächst Antriebe bereitgestellt werden, die die erforderlichen Beschleunigungsmomente aufbringen können. Weiter können Schwierigkeiten bei der Realisierung der

Klappenlagerung auftreten. Eine Vergrößerung des Durchmessers wäre allerdings wünschenswert, da die gesamten Querschnitte der Dampfleitungen zwischen den einzelnen Teilturbinen bei den aktuellen Leistungen von Dampfturbinenanlagen nicht mehr abgesperrt werden können. Die Dampfleitungsverschlußventile müssen daher in den Zuleitungen zu den einzelnen zweiten Teilturbinen angeordnet werden. Es ist dann für jede zweite Teilturbine ein eigenes Dampfleitungsverschlußventil erforderlich. Dies führt zu einem hohen konstruktiven und finanziellen Aufwand und zu einer Vergrößerung des Platzbedarfs.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Dampfleitungsverschlußventil bereitzustellen, das bei gleichen Abmessungen ein verringertes Trägheitsmoment oder bei gleichem Trägheitsmoment größere Abmessungen aufweist und somit das Verschließen einer Dampfleitung mit größerem Querschnitt ermöglicht.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe bei einem Dampfleitungsverschlußventil der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß es in mehrere Elemente aufgeteilt ist, die gemeinsam den Querschnitt der Dampfleitung abdecken können.

Durch diese Aufteilung können kleinere Elemente verwendet werden. Das Trägheitsmoment wächst quadratisch mit dem Abstand zur Drehachse an. Durch die erfindungsgemäß vorgeschlagene Aufteilung in mehrere Elemente kann dieser Abstand wesentlich verringert werden, so daß sich ein insgesamt deutlich kleineres Trägheitsmoment ergibt. Da auch die dem Dampfdruck ausgesetzte Oberfläche jedes Elements verkleinert wird, treten geringere Lagerkräfte auf. Die Lagerungen der einzelnen Elemente können daher vergleichsweise einfach realisiert werden. Bei gleichem Querschnitt der Dampfleitung wird somit das erforderliche Beschleunigungsmoment wesentlich verringert. Alternativ kann bei gleichem Beschleunigungsmoment ein größerer Querschnitt verschlossen werden. Eine formelhafte

Erläuterung der Zusammenhänge wird in der Figurenbeschreibung gegeben.

5 Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung gehen aus den abhängigen Ansprüchen hervor.

Die Elemente decken vorteilhaft den gesamten Querschnitt der Dampfleitung ab. Hierunter wird verstanden, daß maximal kleine, funktions- oder herstellungsbedingte Spalten verbleiben.

10 Um ein vollständiges Versperren der Dampfleitung zu erreichen, werden die Elemente an die Querschnittsform der Dampfleitung angepaßt. Alternativ kann der Querschnitt der Dampfleitung im Bereich des Dampfleitungsverschlußventils an die Form der Elemente angepaßt werden. Es ist ebenfalls möglich,

15 sowohl den Querschnitt der Dampfleitung als auch die Form der Elemente zu verändern.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung wird beim Öffnen des Dampfleitungsverschlußventils nicht der gesamte Querschnitt

20 auf einmal innerhalb der kurzen Öffnungszeit freigegeben. Es erfolgt vielmehr eine allmähliche, ansteigende Freigabe. Dies kann durch Ausnehmungen in Form von Nuten oder Taschen in den Elementen erreicht werden, die beim Öffnen des Dampfleitungsverschlußventils zunächst einen kleinen Querschnitt freige-

25 ben, ehe die Elemente den Querschnitt insgesamt freigegeben. Eine plötzliche Belastung des zweiten Expansionsabschnitts wird vermieden. Weiter wird eine leichtere Regelbarkeit der gesamten Anlage beim Öffnen des Dampfleitungsverschlußventils erreicht.

30 Falls die Elemente an den Querschnitt der Dampfleitung angepaßt sind, weist vorteilhaft mindestens eines der Elemente eine Rundung auf. Die Dampfleitung ist im allgemeinen auf Grund der herrschenden hohen Drücke und Temperaturen rund, um

35 die Materialbelastungen zu minimieren und gleichmäßig zu verteilen. Durch die Rundung mindestens eines der Elemente wird darüber hinaus ein verbessertes Strömungsverhalten erzielt.

Die Elemente können dieselbe Breite aufweisen. Dies führt zu einer vereinfachten Herstellung. Alternativ können die Elemente zur Anpassung an den Querschnitt der Dampfleitung unterschiedliche Abmessungen aufweisen. Es kann insbesondere
5 die Breite der Elemente über ihre Länge variieren.

Vorteilhaft weisen die Elemente dasselbe Trägheitsmoment um eine Drehachse auf. Für jedes der Elemente wird dann zum Verschließen der Dampfleitung dasselbe Beschleunigungsmoment benötigt. Falls die Elemente unabhängig voneinander beweglich
10 sind, kann für jedes Element derselbe Antrieb verwendet werden. Dies führt zu einer Verringerung der Teilevielfalt. Wenn mehrere Elemente über ein Getriebe mit einem gemeinsamen Antrieb verbunden sind, werden eine gleichmäßige Belastung des
15 Getriebes und eine hohe Lebensdauer erreicht. In diesem Fall können die Elemente gruppenweise zusammengefaßt sein. Alternativ ist eine Betätigung aller Elemente des Dampfleitungsverschlußventils durch einen einzigen Antrieb möglich.

20 Die vorliegende Erfindung betrifft weiter eine Dampfturbinenanlage mit mindestens einem ersten Expansionsabschnitt und mindestens einem zweiten Expansionsabschnitt, die mit geringerem Druck als der mindestens eine erste Expansionsabschnitt betrieben wird, und mit mindestens einer Dampfleitung zur
25 Speisung des zweiten Expansionsabschnitts. Bei dieser erfindungsgemäßen Dampfturbinenanlage ist das erfindungsgemäße Dampfleitungsverschlußventil in jeder der Dampfleitungen stromaufwärts von Zuführungen zu dem mindestens einen zweiten Expansionsabschnitt angeordnet.

30

Nachstehend wird die Erfindung an Hand von Ausführungsbeispielen näher erläutert, die in schematischer Weise in der Zeichnung dargestellt sind. Für gleiche und funktionsidentische Bauteile werden durchgehend dieselben Bezugszeichen verwendet. Dabei zeigt:
35

- Figur 1 eine schematische Darstellung einer Dampfturbinenanlage;
- Figur 2 eine schematische Darstellung eines Querschnitts durch ein Dampfleitungsverschlußventil gemäß dem Stand der Technik;
- 5 Figur 3 eine schematische Darstellung eines Ersatzmodells eines erfindungsgemäßen Dampfleitungsverschlußventils in erster Ausgestaltung;
- 10 Figur 4 eine Ansicht ähnlich Figur 2 in zweiter Ausgestaltung;
- Figur 5 eine Draufsicht auf ein erfindungsgemäßes Dampfleitungsverschlußventil in dritter Ausgestaltung; und
- 15 Figuren 6 bis 11 verschiedene schematische Ansichten weiterer Ausgestaltungsformen eines erfindungsgemäßen Dampfleitungsverschlußventils ähnlich Figur 3.
- 20 In Figur 1 ist schematisch eine Dampfturbinenanlage 10 dargestellt. Von einer nicht näher dargestellten Einrichtung erzeugter Sattedampf wird eine Sattedampf-Teilturbine 11 zugeführt. Nach dem Austritt aus dieser Sattedampf-Teilturbine 11 wird der Dampf in einer Entwässerungseinrichtung 12 entwässert und anschließend in einer Zwischenüberhitzungseinrichtung 13 überhitzt. Er wird dann über eine Dampfleitung 20
- 25 zwei Niederdruck-Teilturbinen 15 zugeführt, die mit geringem Druck als die Sattedampf-Teilturbine 11 betrieben werden. Am Austritt aus den Niederdruck-Teilturbinen 15 ist ein Kondensator 16 angeordnet, in dem der Dampf kondensiert und rückgeführt wird. Die Dampfströme sind schematisch durch Pfeile angegeben. Die Sattedampf-Teilturbine 11 und die Niederdruck-Teilturbinen 15 treiben eine gemeinsame Welle 18 in Pfeilrichtung 19 an. Die Welle 18 wiederum treibt einen Generator
- 30 17 zur Erzeugung elektrischer Leistung.
- 35

Bei einem Lastabwurf, beispielsweise infolge eines dreipoligen Netzkurzschlusses, wird die Dampfzufuhr zu der Sattedampf-Teilturbine 11 über nicht näher dargestellte Armaturen unterbrochen. In der Sattedampf-Teilturbine 11, der Entwässerungseinrichtung 12 und der Überhitzungseinrichtung 13 gespeicherter Dampf kann allerdings noch expandieren und in die Niederdruck-Teilturbinen 15 eintreten. Um ein derartiges Eintreten zu verhindern, ist ein Dampfleitungsverschlußventil 14 vorgesehen, das direkt in der Dampfleitung 20, die beide Niederdruck-Teilturbinen 15 versorgt, angeordnet ist. In Abzweigungen 20a, 20b für die einzelnen Niederdruck-Teilturbinen 15 sind im dargestellten Ausführungsbeispiel keine Absperrarmaturen erforderlich.

Figur 2 zeigt einen Querschnitt durch ein Dampfleitungsverschlußventil 14 gemäß dem Stand der Technik. Zum Verschließen der Dampfleitung 20 ist eine einzige, im wesentlichen kreisförmige Klappe 21 mit einem Radius r vorgesehen. Die Klappe 21 ist über Bolzen 30, 31 um eine Drehachse y schwenkbar in der Dampfleitung 20 gelagert. Sie weist ein Trägheitsmoment I_y um diese Drehachse y auf. Zum Verschwenken der Klappe 21 dient ein Linearantrieb 23, der über einen Hebel 33 ein Beschleunigungsmoment M_y bereitstellt. Der Trägheitsmoment I_y dieser Klappe ist beträchtlich. Es ist daher ein hohes Beschleunigungsmoment M_y erforderlich.

Figur 3 zeigt schematisch ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung. Die Klappe 21 ist erfindungsgemäß in vier Elemente 25a, 25b, 25c, 25d aufgeteilt worden, von denen jedes einen eigenen Antrieb 26a, 26b, 26c, 26d aufweist. Die Elemente 25a, 25b, 25c, 25d sind jeweils um eine Drehachse y drehbar und weisen ein Trägheitsmoment I_y auf. Die Antriebe 26a, 26b, 26c, 26d stellen jeweils ein Beschleunigungsmoment M_y bereit. Die von den Elementen 25a, 25b, 25c, 25d abgedeckte Fläche entspricht der Fläche, die auch von der Klappe 21 abgedeckt wird.

Die Figuren 4 bis 11 zeigen weitere Ausführungsbeispiele der Erfindung. Der Querschnitt der Dampfleitung 20 ist schematisch in Streichlinien dargestellt. Während in Figur 3 für jedes Element 25a, 25b, 25c, 25d ein eigener Antrieb 26a, 26b, 26c, 26d vorgesehen ist, sind bei der Ausgestaltung gemäß Figur 4 nur noch zwei Antriebe 26a, 26b erforderlich. Diese Antriebe 26a, 26b wirken über Hebelgetriebe 27a, 27b jeweils auf zwei Elemente 25a, 25b beziehungsweise 25c, 25d. Die beiden äußeren Elemente 25a, 25d sind zur Anpassung an den Querschnitt der Dampfleitung 20 und zur Verbesserung des Strömungsverhaltens mit Rundungen 28 versehen.

Bei der Ausgestaltung gemäß Figur 5 werden alle vorhandenen Elemente 25a, 25b, 25c, 25d von einem gemeinsamen Antrieb 26 über ein Hebelgetriebe 27 angetrieben. In diesem Ausführungsbeispiel beträgt die Dicke d der Elemente 25a, 25b, 25c, 25d etwa die Hälfte der Breite b. Dieses Verhältnis von Breite b zu Dicke d ist nur als Beispiel zu verstehen, nicht als vorteilhafte Ausgestaltung. Der genaue Wert der Dicke d wird anhand von Festigkeitsüberlegungen ermittelt. Es ist ebenfalls dargestellt, daß die Breite b der Hälfte des Radius r entspricht und somit die Angabe $b = 2 r/n$ zutreffend ist.

Es sind Ausnehmungen 29 in Form von Nuten oder Taschen vorgesehen, die sich nicht über die gesamte Dicke d erstrecken. In der in Figur 5 dargestellten Schließstellung ist der Querschnitt der Dampfleitung 20 vollständig verschlossen. Die Ausnehmungen 29 vertiefen sich zum Rand der Elemente 25b, 25c. Sobald diese Elemente 25b, 25c zum Freigeben des Querschnitts der Dampfleitung 20 verdreht werden, bildet sich eine Voröffnung, da die Ausnehmungen 29 die Dichtungsebene etwa in der Mitte der Elemente 25b, 25c zuerst erreichen.

Daher wird beim Verdrehen der Elemente 25a, 25b, 25c, 25d der Querschnitt der Dampfleitung allmählich freigegeben, und somit werden die zweiten Teilturbinen 15 langsam ansteigend belastet. Dies verbessert die Regelbarkeit der Dampfturbinenan-

lage 10 beim Freigeben der Dampfleitung 20, beispielsweise beim Abfangen auf Eigenbedarf nach einem Lastabwurf.

Es können eine oder mehrere Ausnehmungen 29 auf einem oder mehreren Elementen 25b, 25 c vorgesehen werden. Die Ausnehmungen 29 auf benachbarten Elementen 25b, 25c können wie in Figur 5 dargestellt auf unterschiedlichen Seiten, aber vorteilhaft auf derselben Höhe angeordnet sein. Es sind aber auch andere Ausgestaltungen möglich. Anzahl, Größe und Anordnung der Ausnehmungen 29 werden in Abhängigkeit von den Randbedingungen festgelegt.

Die weiteren Figuren zeigen nochmals andere Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung. In Figur 6 sind schematisch die Grundformen der vier verwendeten Elemente 25a, 25b, 25c, 25d sowie die Projektion der zu verschließenden Dampfleitung 20 dargestellt. Der Querschnitt der Dampfleitung 20 ist lokal an die Form der Elemente 25a, 25b, 25c, 25d angepaßt und wird vollständig verschlossen. Es ist ebenfalls eine Anpassung der Elemente 25a, 25b, 25c, 25d an den Querschnitt oder eine Anpassung sowohl der Elemente 25a, 25b, 25c, 25d als auch des Querschnitts möglich, wie beispielsweise in Figur 4 dargestellt. Die Elemente 25a, 25b, 25c, 25d können quaderförmig hergestellt und an den im Bereich des Dampfleitungsverschlußventils 14 modifizierten Querschnitt der Dampfleitung 20 angepaßt werden.

Die Figuren 7 bis 9 zeigen weitere Ausgestaltungen. Bei Figur 7 ist das mittlere Element 25b im Umfangsbereich der Dampfleitung 20 mit seitlichen Ansätzen 32 versehen. Diese verschließen Aussparungen an den seitlichen Elementen 25a, 25b, die zum Verdrehen der Elemente 25a, 25b erforderlich sind. In den Figuren 8 und 9 sind Varianten mit drei beziehungsweise vier Elementen 25a, 25b, 25c, 25d dargestellt. Diese Elemente 25a, 25b, 25c, 25d können einzeln, gruppenweise oder alle gemeinsam angetrieben werden. Figur 10 zeigt ein Ausführungsbeispiel mit zwei Elementen 25a, 25b.

Bei den in den Figuren 3, 10 und 11 dargestellten Ausgestaltungen weisen die verwendeten Elemente 25a, 25b, 25c, 25d beziehungsweise 25a, 25b dasselbe Trägheitsmoment I_y um ihre Drehachse y auf. Die Breite der einzelnen Elemente 25a, 25b, 25c wird derart gewählt, daß die Elemente 25a, 25b, 25c dasselbe Trägheitsmoment I_y um ihre Drehachse y aufweisen. Das mittlere Element 25b weist daher eine geringere Breite auf. Durch die Verwendung von Elementen 25a, 25b, 25c, 25d mit demselben Trägheitsmoment I_y kann für jedes der Elemente 25a, 25b, 25c, 25d der gleiche Antrieb 26a, 26b, 26c, 26d verwendet werden. Bei einem gemeinsamen Antrieb mehrerer oder aller Elemente 25a, 25b, 25c, 25d wird das vorgesehene Getriebe 27 gleichmäßig belastet und weist daher eine höhere Lebensdauer auf.

Nachstehend werden die physikalischen Zusammenhänge näher erläutert. Die für die Berechnung verwendeten Grundlagen lassen sich beispielsweise aus W. Beitz, K.-H. Küttner (Herausgeber), „Dubbel-Taschenbuch für den Maschinenbau“, Springer Verlag, 16. Auflage, 1987, Seite B 32 entnehmen.

Das Verschließen der Dampfleitung 20 erfolgt beim Stand der Technik durch das Drehen der Klappe 21, die den gesamten Querschnitt der Dampfleitung 20 abdeckt. Die Drehbeschleunigung $\ddot{\varphi}$ zum Verschließen hängt von dem aufgebrachten Beschleunigungsmoment M_y und dem Trägheitsmoment I_y um die Drehachse y ab.

$$\ddot{\varphi} = \frac{M_y}{I_y}$$

Die Dicke der Klappe 21 ist deutlich geringer als ihr Radius und kann daher bei der Berechnung des Trägheitsmoment I_y vernachlässigt werden. Das Trägheitsmoment $I_{y,Klappe}$ einer Klappe 21 ergibt sich zu:

$$I_{y,Klappe} = \frac{m}{4} * r^2$$

mit: m: Masse der Klappe
r: Radius der Klappe

5

Das Trägheitsmoment $I_{y,Quader}$ eines quaderförmigen Elements 25, ebenfalls unter Vernachlässigung der Dicke, ergibt sich zu:

$$I_{y,Quader} = \frac{m}{12} * b^2$$

10 mit: m: Masse des Quaders
b: Breite des Quaders

Die Masse von Klappe 20 und Element 25 kann als identisch angesehen werden, da in beiden Fällen derselbe Querschnitt der Dampfleitung 20 verschlossen werden soll.

15

Durch Aufteilung des einzelnen Elements 25 in eine Anzahl von n identischen Elementen 25a, 25b, 25c, 25d ergibt sich:

$$b = 2r/n$$

20

$$I_{y,je\ Quader} = \frac{m}{12} * (2r/n)^2 = \frac{m}{3} * \frac{r^2}{n^2}$$

$$I_{y,Quader} = n * \frac{m}{12} * (2r/n)^2 = \frac{m}{3} * \frac{r^2}{n}$$

Bei Verwendung von 4 Elementen 25a, 25b, 25c, 25d, also n=4:

25

$$I_{y,je\ Quader} = \frac{m}{3} * \frac{r^2}{16}$$

$$I_{y,Quader} = 4 * I_{y,je\ Quader} = \frac{m}{12} * r^2$$

Vergleicht man die Trägheitsmomente $I_{y,Klappe}$, $I_{y,Quader}$ einer einzigen Klappe 21 und von vier Elementen 25a, 25b, 25c, 25d, so

30

ergibt sich:

$$\frac{I_{y,Quader}}{I_{y,Klappe}} = \left(\frac{m}{12} * r^2\right) / \left(\frac{m}{4} * r^2\right) = \frac{1}{3}$$

Allgemein gilt:

$$\frac{I_{y,Quader}}{I_{y,Klappe}} = \left(\frac{m}{3} * \frac{r^2}{n}\right) / \left(\frac{m}{4} * r^2\right) = \frac{4}{3} * \frac{1}{n}$$

5

Durch die Aufteilung der einzigen Klappe 21 in vier gleichartige Elemente 25a, 25b, 25c, 25d läßt sich somit das Trägheitsmoment I_y auf ein Drittel reduzieren. Soll eine gleichbleibende Drehbeschleunigung $\ddot{\varphi}$ beibehalten werden, kann daher das Beschleunigungsmoment M_y ebenfalls auf ein Drittel

verringert werden. Selbst bei einer geringen Erhöhung der Masse durch die Verwendung mehrerer Elemente 25a, 25b, 25c, 25d ergibt sich noch eine wesentliche Verringerung des Trägheitsmoments I_y .

Dieses Bild wird auch unter Berücksichtigung einer nennenswerten Dicke d der Elemente 25a, 25b, 25c, 25d nicht wesentlich verändert. Setzt man beispielhaft die Dicke d der Elemente mit der Hälfte der Breite b an, so ergibt sich:

$$I_{y,Quader} = \frac{m}{12} * (b^2 + d^2) = \frac{m}{12} * \left(b^2 + \frac{b^2}{4}\right) = \frac{5}{48} (m * b^2)$$

25 Bei Verwendung von n identischen Elementen 25a, 25b, 25c, 25d ergibt sich

$$b = 2r/n$$

$$I_{y,je\ Quader} = \frac{5}{48} m * (2r/n)^2 = \frac{5}{12} m * \frac{r^2}{n^2}$$

30

$$I_{y,Quader} = n * \frac{5}{12} m * \frac{r^2}{n^2} = \frac{5}{12} m * \frac{r^2}{n}$$

Für $n = 4$ ergibt sich:

$$I_{y,Quader} = \frac{5}{48} m * r^2$$

$$\frac{I_{y,Quader}}{I_{y,Klappe}} = (\frac{5}{48} m * r^2) / (\frac{m}{4} * r^2) = \frac{5}{12} \approx 0,42$$

Allgemein gilt:

5

$$\frac{I_{y,Quader}}{I_{y,Klappe}} = (\frac{5}{12} m * \frac{r^2}{n}) / (\frac{m}{4} * r^2) = \frac{5}{3} * \frac{1}{n}$$

Auch bei Berücksichtigung der Dicke d der Elemente 25a, 25b, 25c, 25d läßt sich eine Verringerung des Trägheitsmoments I_y auf weniger als die Hälfte erreichen. Das Beschleunigungsmoment M_y für den Antrieb 26 kann daher bei gleichbleibender Drehbeschleunigung $\ddot{\phi}$ wesentlich verringert werden.

10

Es können auch größere Querschnitte ohne wesentliche Steigerung des Beschleunigungsmoments M_y bei gleichbleibender Drehbeschleunigung $\ddot{\phi}$ verschlossen werden. Zur Berechnung werden die Abmessungen der Elemente 25a, 25b, 25c, 25d so verändert, daß sich dasselbe Beschleunigungsmoment M_y wie bei einer Klappe 21 ergibt. Es gilt dann:

15

20

$$I_{y,Quader,neu} = I_{y,Klappe,alt} \Rightarrow \frac{I_{y,Quader,neu}}{I_{y,Klappe,alt}} = 1$$

Ohne Berücksichtigung der Dicke d der Klappen:

25

$$\frac{I_{y,Quader,neu}}{I_{y,Klappe,alt}} = (\frac{m}{3} * \frac{r_{neu}^2}{n}) / (\frac{m}{4} * r_{alt}^2) = 1$$

$$\Rightarrow \frac{r_{neu}^2}{r_{alt}^2} = \frac{3 * n}{4}$$

$$r_{neu} = \sqrt{\frac{3 * n}{4}} r_{alt}$$

30

Setzt man wiederum $n = 4$, so ergibt sich:

$$r_{neu} = 1,73 r_{alt}$$

Mit Berücksichtigung der Dicke d der Elemente 25a, 25b, 25c,
5 25d ergibt sich:

$$r_{neu} = \sqrt{\frac{3 \cdot n}{5}} r_{alt}$$

Setzt man wiederum $n = 4$, so ergibt sich:

10 $r_{neu} = 1,55 r_{alt}$

Der Radius der zu verschließenden Dampfleitung 20 kann somit um 73% beziehungsweise 55% gesteigert werden, ohne daß eine Erhöhung des Beschleunigungsmoments M_y erforderlich ist, um
15 die erwünschte Drehbeschleunigung $\ddot{\varphi}$ beizubehalten. Dies entspricht einer Erhöhung der Querschnittsfläche der Dampfleitung 20 um den Faktor 3 beziehungsweise 2,4.

Insgesamt ergibt sich mit dem Gegenstand der vorliegenden Er-
20 findung ein Dampfleitungsverschlußventil 14 mit einem reduzierten Trägheitsmoment I_y . Bei gleichbleibenden Abmessungen einer zu verschließenden Dampfleitung 20 kann daher das erforderliche Beschleunigungsmoment M_y wesentlich verringert werden. Alternativ können mit demselben Beschleunigungsmoment
25 größere Querschnitte verschlossen werden.

Patentansprüche

1. Dampfleitungsverschlußventil zum Verschließen einer Dampfleitung (20), insbesondere in einer Dampfturbinenanlage (10) zwischen einem ersten Expansionsabschnitt (11) und mindestens einem zweiten Expansionsabschnitt (15), der mit geringerem Druck als der erste Expansionsabschnitt (11) betrieben wird, gekennzeichnet durch mehrere Elemente (25a, 25b, 25c, 25d), die gemeinsam den Querschnitt der Dampfleitung (20) abdecken können.

2. Dampfleitungsverschlußventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eines der Elemente (25b; 25c) mit einer oder mehreren Ausnehmungen (29) versehen ist, die sich nicht über die gesamte Dicke (d) der Elemente (25a, 25b, 25c, 25d) erstrecken.

3. Dampfleitungsverschlußventil nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Ausnehmungen (29) zum Rand des Elements (25b; 25c) vertiefen.

4. Dampfleitungsverschlußventil nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Elemente (25a, 25b, 25c, 25d) an den Querschnitt der Dampfleitung (20) oder der Querschnitt der Dampfleitung (20) an die Elemente (25a, 25b, 25c, 25d) angepaßt sind oder sowohl der Querschnitt der Dampfleitung (20) als auch die Elemente (25a, 25b, 25c, 25d) verändert sind.

5. Dampfleitungsverschlußventil nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eines der Elemente (25a; 25d) eine Rundung (28) aufweist.

6. Dampfleitungsverschlußventil nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß

die Elemente (25a, 25b, 25c, 25d) dieselbe Breite (b) aufweisen.

5 7. Dampfleitungsverschlußventil nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Elemente (25a, 25b, 25c, 25d) zur Anpassung an den Querschnitt der Dampfleitung (20) unterschiedliche Abmessungen aufweisen.

10 8. Dampfleitungsverschlußventil nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Elemente (25a, 25b, 25c, 25d) dasselbe Trägheitsmoment (I_y) um eine Drehachse (y) aufweisen.

15 9. Dampfleitungsverschlußventil nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Elemente (25a, 25b, 25c, 25d) des Dampfleitungsverschlußventils (14) unabhängig voneinander beweglich sind.

20 10. Dampfleitungsverschlußventil nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Elemente (25a, 25b; 25c, 25d) des Dampfleitungsverschlußventils (14) über ein Getriebe (27a; 27b) mit einem gemeinsamen Antrieb (26a; 26b) verbunden sind.

25

11. Dampfturbinenanlage mit mindestens einem ersten Expansionsabschnitt (11) und mindestens einem zweiten Expansionsabschnitt (15), der mit geringerem Druck als der mindestens eine erste Expansionsabschnitt (11) betrieben wird, und mit
30 mindestens einer Dampfleitung (20) zur Speisung des zweiten Expansionsabschnitts (15), dadurch gekennzeichnet, daß in jeder der Dampfleitungen (20) stromaufwärts von Zuführungen (20a, 20b) zu dem zweiten Expansionsabschnitt (15) ein Dampfleitungsverschlußventil (14)
35 angeordnet ist.